



روابط متقابل بین عناصر مدیریت ایمنی فرآیند مدل OSHA

حسین زیری^۱، رشید جمشیدی^۲

- ۱- مسئول واحد مدیریت ایمنی فرآیند (PSM) شرکت مخازن سبز پتروشیمی عسلویه (APGT)
- ۲- مدیر واحد بهداشت، ایمنی و محیط زیست (HSE) شرکت مخازن سبز پتروشیمی عسلویه (APGT)

چکیده

استاندارد OSHA PSM با ۱۴ عنصر ایجاد شده است که اصول مدیریت را برای کنترل خطرات فرآیند و محافظت از محل کار تعریف می کند. یکی از عوامل کلیدی موفقیت اجرای مدیریت ایمنی فرآیند (PSM) این است که هر عنصر به عنوان یک جزء در یک برنامه PSM یکپارچه آمده است. اگرچه انواع مختلفی از سیستم های مدیریت ایمنی یکپارچه معرفی شده است، سیستم یکپارچه سازی مستقیم بین عناصر PSM به دلیل مفهوم مبهم در رابطه متقابل بین عناصر PSM به طور گسترده مورد مطالعه قرار نگرفت. این همچنین مانع از تلاش در طراحی و توسعه سیستم یکپارچه برای PSM می شود. در این مطالعه، رابطه متقابل عناصر حیاتی PSM بر اساس اهداف و عملکرد اطلاعاتی عناصر مندرج در مقررات OSHA PSM مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. از تجزیه و تحلیل انجام شده، تمام عناصر حیاتی حداقل با هفت عنصر PSM دیگر مرتبط هستند. در بین عناصر، تجزیه و تحلیل خطر فرآیند و یکپارچگی مکانیکی به عنوان دارای بالاترین روابط متقابل شامل ۱۲ عنصر PSM به هم مرتبط شناخته شدند. ماتریس PSM توسعه یافته به طور سیستماتیک ارتباط متقابل عناصر مهم PSM را نشان داده است که برای توسعه سیستم PSM یکپارچه مفید است.

کلمات کلیدی: مدیریت ایمنی فرآیند، عناصر PSM، OSHA PSM، ایمنی فرآیند، روابط متقابل عنصر PSM

معرفی

مدیریت ایمنی فرآیند، خطرات ناشی از نشر مواد خطرناک بدلیل نقص و خطر در فرآیند، دستور کار یا تجهیزات را شناسایی، ارزیابی و در نهایت حذف یا کنترل می کند. استانداردهای مدیریت ایمنی فرآیند، مواد شیمیایی خطرناک را مورد بررسی قرار می دهند و در واقع به افراد کمک می کند که از به وجود آمدن حوادث ناشی از نشر مواد خطرناک جلوگیری کنند و همچنین کارگر برای کنترل خطرات بایستی از اطلاعات و تجربه کافی در مورد مخاطرات ناشی از نشر مواد خطرناک بهره مند باشد. روند کار مدیریت ایمنی فرآیند براساس اجرای دقیق اجزای آن می باشد. (۱، ۱)

تصادفات در مقیاس بزرگ مانند حوادث (۱۹۷۴) Saveso، Flixborough (۱۹۷۶) و Bhopal (۱۹۸۴) باعث غم و اندوه بسیاری شدند و تراژدی های بزرگی هستند که چشم انداز صنعت فرآیند را برای همیشه تغییر داده و منجر به تغییرات گسترده در مقررات و توسعه استانداردها و سیستم مدیریت ایمنی شده است. [۱، ۲]. در پاسخ به این حوادث، اداره ایمنی و بهداشت شغلی ایالات متحده (OSHA) الزامات مدیریت ایمنی فرآیند (PSM) را در بخش ۱۹۱۰.۱۱۹ کد مقررات فدرال (CFR) با عنوان مدیریت ایمنی فرآیند مواد شیمیایی بسیار خطرناک (HHC) وضع کرد. این از طریق فرآیند قوانین OSHA که شامل مشارکت قوی سهامداران است، توسعه یافته



است. اعلامیه قوانین پیشنهادی، نظرات خود را در مورد هر جنبه ای از الزامات PSM پیشنهادی دعوت می‌کند. در پاسخ به قوانین پیشنهادی، OSHA بیش از ۱۷۵ نظر، ۴۰۰۰ صفحه شهادت و تقریباً ۶۰ نظر پس از شنیدن دریافت کرد [۳،۲]. هدف از مقررات ۱۴ عنصری (جدول ۱) جلوگیری یا به حداقل رساندن عواقب انتشار فاجعه بار مواد شیمیایی سمی، واکنش پذیر یا قابل اشتعال از یک فرآیند تحت پوشش است که با هر یک از ۱۳۷ HHC مطابق با مقادیر ذکر شده در پیوست A سروکار دارد. این مقررات همچنین شامل مایعات و گازهای قابل اشتعال در مقادیر ۱۰۰۰۰ پوند یا بیشتر در یک مکان است. همچنین در مورد تولیدکنندگان مواد آتش‌زا و مواد منفجره تحت پوشش قوانین OSHA اعمال می‌شود و مقررات ویژه‌ای برای پیمانکارانی که در تأسیسات تحت پوشش کار می‌کنند، دارد [۵،۴]. در خارج از ایالات متحده، اتحادیه اروپا دستورالعمل EC Seveso II یا مقررات کنترل خطرات تصادفات بزرگ (COMAH) را در بریتانیا تصویب کرد که هدفی مشابه با [۶] OSHA PSM دارد.

مقررات PSM با عناصر مرتبطی که اصول مدیریت را تعریف می‌کنند، ایجاد شده است. به موجب آن، تغییر اطلاعات یک عنصر PSM ممکن است بر سایر عناصر مرتبط به هم تأثیر بگذارد. به عنوان مثال، مطالعات آزمایشی نشان می‌دهد که با حفظ دمای بالاتر در ظرف واکنش می‌توان بازده بالاتری را به دست آورد. تغییر در دمای عملیاتی باید توسط تمام عملکردهای فنی و پشتیبانی از طریق فرآیند مدیریت تغییر (MOC) تایید شود. تأثیر این تغییر از طریق تجدید نظر در تجزیه و تحلیل خطر فرآیند (PHA) ارزیابی می‌شود که منجر به توصیه‌ای برای اصلاح سیستم کاهش فشار می‌شود. تغییرات در سیستم دما و فشار، مراحل جدیدی را برای اپراتورهای فرآیند از طریق رویه‌های عملیاتی (OP)، که نیاز به آموزش (TNG) و تأیید در رویه‌های جدید دارند، الزامی می‌کند [۵]. بنابراین، تغییر داده‌های ایمنی فرآیند باید به‌منظور جلوگیری از پیامدهای ایمنی و نظارتی عمده، جمع‌آوری، مدیریت و به طور کارآمد منتقل شود.

یکی از عوامل کلیدی موفقیت اجرای PSM این است که هر عنصر به عنوان یک جزء در یک برنامه PSM یکپارچه آمده است [۵،۹]. [مفهوم‌ی که برنامه‌های قابلیت اطمینان شرکت را با تلاش‌های PSM، با تمرکز بر برنامه یکپارچگی مکانیکی (MI) ترکیب کرده است، توسعه یافته است. این مراحل شامل شناسایی تجهیزات حیاتی ایمنی، اطمینان از اطلاعات ایمنی فرآیند دقیق و به‌روز (PSI)، ایجاد برنامه MI، ایجاد برنامه‌های تعمیر و نگهداری برنامه‌ریزی‌شده، و ایجاد رویه‌های تعمیر و نگهداری ویژه تجهیزات می‌شود. ذاتی این رویکرد، درک کافی و به اشتراک گذاری PSI حیاتی بین عناصر PSM از جمله PHA، MOC، بررسی ایمنی قبل از راه اندازی (PSSR) و OP علاوه بر رعایت الزامات رشته‌های عملیاتی (OD) است. با ترکیب این تلاش‌های قابلیت اطمینان و ایمنی، گروه‌های تعمیر و نگهداری، عملیات، مهندسی و ایمنی به همان زبان قابلیت اطمینان و یکپارچگی تجهیزات صحبت می‌کنند، بنابراین ریسک کلی فعالیت‌ها ۲۰۱۶ VC موسسه مهندسين شیمی آمریکا را به حداقل می‌رسانند [۱۰]. Vaughan و Muschara (۲۰۱۱) پیوند تلاش‌های جداگانه MOC، PSSR، و تضمین کیفیت (MI (QA را توصیه کردند. رویکرد ترکیبی به تیم کمک می‌کند تا اطمینان حاصل کند که علل ریشه‌ای سیستمیک کشف شده‌اند تا اقدامات پیشگیرانه مناسب‌تر و مرتبط با سیستم انتخاب و اجرا شوند. برخی ممکن است آن را در جهان مجزای خود بدانند، با این حال، در واقعیت اهمیت آن و روابط متقابل با سایر عناصر PSM بدون تردید است [۱۱،۳].

جدول ۱ _ عنصر استاندارد مدیریت ایمنی فرایند (۴)

کد استاندارد	عنصر PSM
29 CFR ۱۱۹۱۰/۱۱۹ (c)	مشارکت کارکنان (EP)
29 CFR ۱۱۹۱۰/۱۱۹ (d)	اطلاعات ایمنی فرآیند (PSI)
29 CFR ۱۱۹۱۰/۱۱۹ (e)	تجزیه و تحلیل خطرات فرآیند (PHA)
29 CFR ۱۱۹۱۰/۱۱۹ (f)	رویه های عملیاتی (OP)
29 CFR ۱۱۹۱۰/۱۱۹ (g)	آموزش (TNG)
29 CFR ۱۱۹۱۰/۱۱۹ (h)	پیمانکاران (CON)
29 CFR ۱۱۹۱۰/۱۱۹ (i)	بررسی ایمنی قبل از راه اندازی (PSSR)
29 CFR ۱۱۹۱۰/۱۱۹ (j)	مجوز کار گرم (HWP)
29 CFR ۱۱۹۱۰/۱۱۹ (k)	مدیریت تغییر (MOC)
29 CFR ۱۱۹۱۰/۱۱۹ (l)	یکپارچگی مکانیکی (MI)
29 CFR ۱۱۹۱۰/۱۱۹ (m)	بررسی حادثه (II)
29 CFR ۱۱۹۱۰/۱۱۹ (n)	برنامه ریزی و پاسخ اضطراری (ERP)
29 CFR ۱۱۹۱۰/۱۱۹ (o)	ممیزی انطباق (CA)
29 CFR ۱۱۹۱۰/۱۱۹ (p)	اسرار تجاری (TS)

به منظور توسعه یک برنامه PSM یکپارچه، لازم است بتوانیم ارتباط متقابل بین عناصر PSM را شناسایی کنیم تا از سازگاری انتقال متقابل داده و استفاده از داده اطمینان حاصل کنیم [۱۲]. به هر حال، اطلاعات کامل و جزئیات ارتباط متقابل بین عناصر PSM هنوز گزارش نشده است. این همچنین تلاش ها در طراحی و توسعه برنامه PSM یکپارچه را مختل می کند.

هدف این مطالعه تحلیل رابطه متقابل عناصر PSM است. جزئیات ارتباط متقابل عناصر PSI، PHA، OP، TNG، PSSR، MI و MOC بیشتر مورد بحث قرار خواهد گرفت. در این مطالعه، ماتریس PSM توسعه داده شد که به طور سیستماتیک روابط متقابل را نشان می دهد و جریان داده های ایمنی فرآیند را که برای توسعه سیستم PSM یکپارچه مفید است، به دست می آورد.

عناصر حیاتی PSM

بدون شک، همه عناصر PSM مهم هستند و باید با هم کار کنند تا لایه‌های حفاظتی متعددی را که ما بر آن تکیه می‌کنیم، فراهم کنند. با این حال، در طول سال‌ها، عناصر خاصی اغلب به عنوان "قلب و روح" PSM در نظر گرفته می‌شوند. این عناصر همچنان بیشترین تعداد استناد PSM را ارائه می‌دهند، به ویژه PSI، PHA، OP، MI، MOC، TNG و PSSR [۱۳، ۱۱].

به طور چشمگیری، عناصر مشابه به عنوان علل ریشه‌ای مهم و کمک‌کننده تعداد تصادفات گزارش شده توسط هیئت بررسی ایمنی شیمیایی و خطرات شیمیایی ایالات متحده (CSB) شناسایی شده‌اند [۱۴].

جدول ۲_ پالایشگاه NEP که اغلب به عناصر PSM اشاره می‌کند (تصویر ژوئن ۲۰۰۷ تا ژوئن ۲۰۰۸) (۲)

تعداد ارجاعات	عنصر PSM
۶۷	رویه های عملیاتی
۶۶	یکپارچگی مکانیکی
۶۰	تجزیه و تحلیل خطر فرایند
۴۴	اطلاعات ایمنی فرایند
۳۰	مدیریت تغییرات

جدول ۳_ پالایشگاه NEP اغلب عناصر PSM را ذکر می‌کند (۱۳)

درصد از کل تخلفات	عنصر PSM
۱۹	یکپارچگی مکانیکی
۱۸	اطلاعات ایمنی فرایند
۱۷	رویه های عملیاتی
۱۶	تجزیه و تحلیل خطر فرایند
۱۰	مدیریت تغییر

در سال ۲۰۰۷، OSHA برنامه های ویژه ای را برای هدف قرار دادن صنایع خاص، به ویژه صنایع پالایش نفت و شیمیایی، توسعه داده است. این به طور خاص با هدف افزایش فرآیندهای حسابرسی و اولویت های بازرسی آن است [۱۳، ۲]. بین ژوئن ۲۰۰۷ و ژوئن ۲۰۰۸، OSHA US ۱۴ بازرسی NEP پالایشگاه نفت را انجام داد که منجر به ۳۴۸ استناد شد. پنج عنصر اصلی PSM ذکر شده و تعداد متناظر از استنادها در جدول ۲ آورده شده است. از ۳۱ دسامبر ۲۰۱۰، OSHA ۲۴۸ بازرسی را تحت Refinery NEP باز کرده است. همین عناصر دوباره تعداد قابل توجهی از تخلفات PSM را ارائه کردند (جدول ۳). این گزارش ها به وضوح



ضرورت یافتن راه های موثر برای اجرای عناصر فوق را نشان می دهد. این مطالعه بر روابط متقابل عناصر PSM مهم متمرکز خواهد بود.

رابطه متقابل عناصر PSM

در این مطالعه، تجزیه و تحلیل روابط متقابل از اهداف و عملکرد اطلاعات هر یک از عناصر PSM بر اساس الزامات تعیین شده OSHA PSM استخراج شد. روابط شناسایی شده با رابطه گزارش شده عناصر PSM به دست آمده از ادبیات تلفیق شد. یافته ها در ماتریس مفهومی و بحث ارائه شده است. ماتریس مفهومی برای پرداختن به عرض مطالعه برای به تصویر کشیدن روابط بین ایده ها [۱۵] و برای محدود نگه داشتن تمرکز [۱۶] استفاده شد.

شکل ۱ ماتریس PSM را نشان می دهد که از تجزیه و تحلیل رابطه متقابل بین عناصر مهم PSM با سایر عناصر PSM ایجاد شده است. توضیح جزئیات رابطه متقابل به طور خاص برای عناصر PHA، PSI، OP، TNG، PSSR، MI، و MOC به ترتیب در جداول (۴-۱۰) ارائه شده است. همانطور که در شکل ۱ ارائه شده است، تمام عناصر حیاتی حداقل با هفت عنصر PSM دیگر مرتبط هستند. PHA و MI دارای بالاترین رابطه متقابل با ۱۲ عنصر PSM مرتبط با یکدیگر بودند. به طور چشمگیری، عناصر مشابه بالاترین استناد را در بازرسی های پالایشگاه NEP دارند و همچنین به عنوان سخت ترین عناصر برای انطباق با آنها شناسایی شده اند [۱۳، ۲]. این امر ممکن است ناشی از روابط متقابل متنوع و بالایی باشد که باید در برنامه اجرای عناصر فوق در نظر گرفته شود.

شکل ۱. ماتریس PSM برای عناصر PSM بحرانی

عناصر	مشارکت کارکنان (EP)	اطلاعات ایمنی فرایند (PSI)	آنانیز خطررات فرایندی (PHA)	دستورالعمل های فرایندی (OP)	آموزش (TNG)	پیمانکاران (CON)	بررسی ایمنی پیش از راه اندازی (PSSR)	پیکارچگی مکانیکی (MI)	پرمیت کار گرم (HWP)	مدیریت تغییر (MOC)	بررسی حادثه (II)	برنامه واکنش در اضطراری (ERP)	معززی انطباق (CA)	اسرار تجاری (TS)
PSI	*		*	*	*	*			*	*		*	*	*
PHA	*	*		*	*	*		*		*	*	*	*	*
OP	*	*	*		*	*			*	*	*		*	*
TNG	*	*		*		*	*				*		*	
PSSR	*	*	*	*	*	*		*		*			*	
MI	*	*	*	*	*	*	*			*	*	*	*	
MOC	*	*	*	*	*	*	*	*					*	

شکل ۴ _ روابط متقابل عنصر PSI (۱۷، ۷، ۵-۳)



عنصر PSM	عنصر مرتبط با یکدیگر	جزئیات
PSI	EP	• باید برای همه پرسنل در معرض آسیب قابل دسترسی باشد.
	PHA	• تدوین PSI نوشته شده باید قبل از انجام هر PHA تکمیل شود.
	OP	• ممکن است منجر به تغییراتی در OP و SWP شود.
	TNG	• ممکن است منجر به تغییراتی در محتوای TNG برای پرسنل کارخانه شود.
	MOC	• تغییر در PSI به جز RIK باید تحت فرآیند MOC قرار گیرد.
	CON	• مواد شیمیایی فرآیند، فناوری و اطلاعات تجهیزات باید برای همه کارگران پیمانکاری در معرض آسیب در دسترس باشد.
	HWP	• تشکیل مواد شیمیایی فرآیند و تجهیزات درگیر در فرآیند باید دقیق باشد تا از کار گرم ایمن اطمینان حاصل شود.
	ERP	• اطلاعات ایمنی فرآیند به ساخت طرح واکنش اضطراری ارجاع داده می شود. به روز رسانی اطلاعات PSI ممکن است منجر به تغییراتی در طرح ها یا رویه های اضطراری شود.
	CA	• مستندات PSI باید در طول فرآیند ممیزی ارزیابی شود.
	TS	• هر گونه اطلاعات مرتبطی که برای انطباق با PSI لازم است باید برای گردآوری در دسترس باشد.

جدول ۴ ارتباط متقابل عنصر PSI با سایر عناصر PSM را نشان می دهد. عنصر PSI در درجه اول بر گردآوری اطلاعات مربوط به فرآیند متمرکز است. این یک عنصر اساسی برنامه PSM برای درک خطرات است زیرا مجموعه ای مکتوب از اطلاعات فنی را ارائه می دهد که طراحی سایر عناصر PSM به آن بستگی دارد [۳]. بنابراین، پیشرفت های PHA، OP، TNG، MI، MOC، واکنش و برنامه ریزی اضطراری (ERP) و مجوز کار گرم (HWP) به طور قابل توجهی به اطلاعات فنی تحت عنصر PSI وابسته بودند [۳-۵]. علاوه بر این، PSI باید در سراسر پرسنل شرکت و کارگران پیمانکار ابلاغ و در دسترس قرار گیرد. این برای آسان کردن کار آنها است و ایمنی فرآیند به اطمینان از دسترسی کارگران به PSI دقیق بستگی دارد. موفقیت هر برنامه PSM مبتنی بر چارچوبی از سیستم های اطلاعاتی است که برای مستندسازی و برقراری ارتباط PSI ضروری در سراسر سازمان استفاده می شود [۱۸].

نتیجه تجزیه و تحلیل ارتباط متقابل عنصر PHA با سایر عناصر PSM در جدول ۵ نشان داده شده است. هدف PHA تعیین مناطقی با ریسک عملیاتی است که در آن اقدامات پیشگیرانه و کاهشی ممکن است برای کنترل بهتر خطرات ضروری باشد [۵]. بنابراین، اطلاعات کافی و دقیق از PSI، راز تجاری (TS)، MOC قبلی و گزارش حادثه بررسی (II) باید برای پشتیبانی از تمرینات PHA در دسترس باشد. نتایج حاصل از PHA باید به همه کارفرمایان آسیب دیده اطلاع داده شود، بنابراین آنها باید در برنامه های دیگر از جمله OP، TNG، MI، (CON) Contractor و ERP استفاده شوند [۳-۵، ۱۷، ۱۹]. PHA کاربرد مستقیمی برای شناسایی خطرات فرآیند شیمیایی دارد که در حمایت از برنامه برنامه ریزی اضطراری مفید است. آنها باید هر زمان که ممکن است برای برآورده کردن تمام الزامات برنامه PSM استفاده شوند [۵]. توصیه های PHA نیاز به تفکیک دقیق دارند و ممکن است تغییراتی را در



مواد شیمیایی فرآیند، فناوری و تجهیزات، رویه‌های استاندارد و همچنین برنامه MI ایجاد کنند. بنابراین، ممکن است نیاز به انجام MOC و PSSR قبل از تغییرات باشد [۷].

جدول ۵ _ روابط متقابل عنصر PHA (۱۷، ۷، ۵-۳)

عنصر PSM	عنصر مرتبط با یکدیگر	جزئیات
PHA	EP	<ul style="list-style-type: none"> نتایج PHA و حل توصیه باید به پرسنل در معرض آسیب اطلاع داده شود. فعالیت های PHA باید توسط یک تیم PHA با تخصص خاص انجام شود.
	PSI	<ul style="list-style-type: none"> به روز بودن PSI برای انجام PHA به منظور نتیجه گیری دقیق در مورد خطرات و خطرات فرآیند فعلی حیاتی است.
	OP	<ul style="list-style-type: none"> خطرات فرآیند شناسایی شده باید در رویه های عملیاتی مکتوب به عنوان یک هشدار و احتیاط گنجانده شود.
	TNG	<ul style="list-style-type: none"> محتوای ماژول آموزشی برای پرسنل شرکت درگیر در عملیات فرآیند باید شامل اطلاعات خطرات فرآیند شناسایی شده از PHA باشد.
	MI	<ul style="list-style-type: none"> محتوای ماژول آموزشی برای پرسنل تعمیر و نگهداری باید شامل اطلاعات خطرات شناسایی شده از PHA باشد. حل توصیه های ارائه شده از PHA ممکن است نیاز به به روز رسانی در برنامه ITPM داشته باشد.
	MOC	<ul style="list-style-type: none"> اسناد MOC اغلب در طول اعتبار سنجی مجدد PHA بررسی می شود تا مشخص شود چه تغییراتی مطالعه را در طول اعتبار سنجی مجدد تضمین می کند. حل و فصل توصیه های ارائه شده از PHA ممکن است نیاز به استفاده از فرآیند MOC داشته باشد.
	CON	<ul style="list-style-type: none"> نتایج PHA و حل توصیه باید به کارگران پیمانکاری آسیب دیده اطلاع داده شود.
	II	<ul style="list-style-type: none"> گزارش های مربوط به حوادث قبلی در طول اعتبارسنجی مجدد PHA بررسی می شود. فرآیند بررسی حادثه ایمنی فرآیند ممکن است نیاز به انجام PHA به عنوان بخشی از فرآیند داشته باشد
	ERP	<ul style="list-style-type: none"> سناریوهای خطرات شناسایی شده در PHA باید در برنامه ERP در نظر گرفته شوند.
	CA	<ul style="list-style-type: none"> اطلاعات و مستندات PHA باید در طول فرآیند ممیزی ارزیابی شوند.
	TS	<ul style="list-style-type: none"> هر گونه اطلاعات مرتبط باید در صورت لزوم در دسترس کسانی باشد که در توسعه PHA نقش دارند.

همانطور که در جدول ۶ ارائه شده است، عنصر OP با عناصر مشارکت کارکنان (EP)، PSI، PHA، TNG، MI، MOC، CON، HWP، II، حساسی انطباق (CA) و TS ارتباط متقابل دارد. OP یک عنصر مهم برای دستیابی به عملیات ایمن، سازگار و کارآمد فرآیند است. OP باید محدودیت های عملیاتی، عواقب انحراف از این محدودیت ها و بازیابی از انحراف را مورد بحث قرار دهد. OP باید به شرایط عادی، غیرعادی و اضطراری رسیدگی کند تا کارگران را برای هر رویدادی که ممکن است به طور اتفاقی رخ دهد آماده کند. اطلاعات فنی و اداری کافی از PSI، PHA، TS، و گزارش II برای پشتیبانی از آماده سازی OP حیاتی است [۵-۳، ۱۷، ۱۷]. رویه های با کیفیت بالا به تنهایی نتیجه ای ندارند مگر اینکه پرسنل شرکت و کارگران پیمانکار در استفاده از آنها آموزش دیده باشند. بنابراین، یک رابطه نزدیک بین OP و عنصر TNG وجود دارد. OP تأسیس شده باید در برنامه های دیگر از جمله EP، TNG، MI، CON، HWP و ERP استفاده شود. علاوه بر این، تغییر پیشنهادی در OP نیاز به یک توجیه انتقادی و فنی دارد. بنابراین، MOC باید برای مدیریت و کنترل مناسب تغییر انجام شود [۳، ۱۷، ۱۹، ۲۰].

جدول ۶ _ روابط متقابل عنصر OP (۳-۵، ۱۷، ۱۹، ۲۰)

عنصر PSM	عنصر مرتبط با یکدیگر	جزئیات
OP	EP	<ul style="list-style-type: none"> OP های نوشته شده باید برای همه پرسنل در معرض آسیب در دسترس باشد تا وظایف خود را ایمن انجام دهند.
	PSI	<ul style="list-style-type: none"> اقدامات و نظارت های شرکت و پرسنل تعمیر و نگهداری اغلب شیوه های کار ایمن را آغاز کنند. دانش و اطلاعات فنی در توسعه OP استفاده می شود (یعنی صرفه جویی در محدودیت های عملیاتی بالا و پایین). PSI باید به طور دقیق در OP نوشته شده منعکس شود.
	PHA	<ul style="list-style-type: none"> OP های کتبی هر فاز عملیاتی باید شامل مراحل باشد تا از خطرات و عواقب انحرافات شناسایی شده در طول PHA جلوگیری شود.
	TNG	<ul style="list-style-type: none"> پرسنل شرکت باید به طور کامل در مورد محتوای OP آموزش ببینند.
	MI	<ul style="list-style-type: none"> پرسنل تعمیر و نگهداری باید به طور کامل در مورد محتوای OP آموزش ببینند.
	MOC	<ul style="list-style-type: none"> تغییر در PSI به جز RIK باید تحت فرآیند MOC قرار گیرد.
	CON	<ul style="list-style-type: none"> OP های نوشته شده باید برای همه کارگران پیمانکاری آسیب دیده در دسترس باشد.
	HWP	<ul style="list-style-type: none"> SWP یا رویه های غیر معمول باید برای فعالیت های کاری داغ وجود داشته باشد
	ERP	<ul style="list-style-type: none"> سناریوهای خطرات شناسایی شده در PHA باید در برنامه ERP در نظر گرفته شوند.



یافته های بررسی حادثه ممکن است به تغییراتی در OP نوشته شده منجر شود.	II	
اطلاعات و مستندات مربوط به عملیات اجرایی باید در طول فرآیند ممیزی ارزیابی شوند.	CA	
هر گونه اطلاعات مرتبط باید در صورت لزوم در دسترس کسانی باشد که در توسعه OP دخیل هستند.	TS	

از تحلیل رابطه متقابل عنصر TNG، مشخص شد که TNG دارای روابط متقابل با عناصر EP، PSI، OP، MI، CON، II و CA است (جدول ۷). تمام پرسنل شرکت درگیر در عملیات و نگهداری فرآیند باید برای اطمینان از عملیات ایمن آموزش ببینند. این نیاز برآورده شده است شکل ۱. ماتریس PSM برای عناصر مهم PSM.

از تحلیل رابطه متقابل عنصر TNG، مشخص شد که TNG دارای روابط متقابل با عناصر EP، PSI، OP، MI، CON، II و CA است (جدول ۷). تمام پرسنل شرکت درگیر در عملیات و نگهداری فرآیند باید برای اطمینان از عملیات ایمن آموزش ببینند. این نیاز از طریق ارتباط با اجرای برنامه های EP و [۴] CON است. TNG باید به درک پرسنل شرکت از خطرات شیمیایی و کنترل ها، رویه های مناسب، محدودیت های عملیاتی ایمن و نحوه اجتناب از شرایط ناایمن، نحوه واکنش به شرایط ناراحت کننده و اضطراری، و فرصت های موجود برای پرسنل کارخانه برای کمک به بهبود ایمنی فرآیند منجر شود. [۵]. بنابراین، توسعه برنامه TNG به شدت به PSI، OP، PHA، MI و گزارش II برای دستیابی به نیازهای فوق وابسته است. هر گونه تغییر در اطلاعات این عناصر ممکن است در به روز رسانی یا برنامه TNG اضافی منعکس شود [۱۷، ۵، ۴].

جزئیات ارتباط متقابل عنصر PSSR با سایر عناصر OSHA PSM در جدول ۸ نشان داده شده است. هدف PSSR اطمینان از آمادگی فرآیند جدید یا اصلاح شده به ویژه به دلایل مرتبط با ایمنی فرآیند است. بنابراین، بررسی متقابل اطلاعات مربوط به عناصر PSI، PHA، OP، TNG، MI و MOC به عنوان ترکیب فرآیند ضروری است [۵-۱۷، ۳، ۲۱]. رشید و همکاران (۲۰۱۳) تاکید کرده است که PSSR باید قبل از نصب تاسیسات انجام شود. اگر نه، تبدیل به dif می شود اجرای توصیه های PSSR پس از نصب تاسیسات امکان پذیر است زیرا در زمان قرارداد بر روی موارد توافق نشده است. در نتیجه، ملاحظات ایمنی کامل را نیز نمی توان در مورد امکانات جدید تأیید کرد یا طبق توصیه OSHA اصلاح کرد. علاوه بر این، اطلاعات PSSR و وضوح باید در سراسر پرسنل شرکت و کارگران پیمانکار در دسترس باشد. این برای آسان کردن کار آنها است و ایمنی فرآیند به اطمینان از دسترسی کارگران به PSSR دقیق بستگی دارد [۲۱].

جدول ۷ _ روابط متقابل عنصر TNG (۱۷، ۵-۳)

عنصر PSM	عنصر مرتبط با یکدیگر	جزئیات
----------	----------------------	--------



<ul style="list-style-type: none"> تمام پرسنل شرکت درگیر در عملیات یک منطقه تحت پوشش باید در زمینه بررسی کلی فرآیند، رویه‌های عملیاتی، خطرات ایمنی و بهداشتی، عملیات اضطراری، و شیوه‌های کار ایمن قابل اجرا در وظایف شغلی خود آموزش ببینند. مواد آموزشی، برنامه آموزشی و سوابق آموزشی باید در دسترس همه پرسنل شرکت در معرض آسیب باشد. کارفرما باید از پرسنل شرکت در مورد فراوانی آموزش‌های عملیاتی مشاوره بگیرد. 	EP	TNG
<ul style="list-style-type: none"> محتوای مازول آموزشی برای پرسنل شرکت درگیر در عملیات فرآیند با استفاده از داده‌های PSI توسعه یافته است. 	PSI	
<ul style="list-style-type: none"> باید مبنای فنی برنامه آموزشی و صلاحیت پرسنل شرکت را تشکیل دهد. 	OP	
<ul style="list-style-type: none"> پرسنل تعمیر و نگهداری باید به طور کامل در مورد محتویات روش‌های تعمیر و نگهداری اصلاحی و پیشگیرانه آموزش دیده باشند. چندین نیاز آموزشی تخصصی و صلاحیتی وجود دارد که باید برای پشتیبانی از فعالیت‌های MI مانند جوشکاری، مخزن تحت فشار، مخزن و بازرسی لوله کشی، آزمایش غیر مخرب، نظارت بر ارتعاش و غیره به دست آید. 	MI	
<ul style="list-style-type: none"> کارگران ممیزی ارزیابی شوند. پیمانکار باید قبل از انجام کاری که برای انجام آن استخدام شده اند آموزش ببینند. 	CON	
<ul style="list-style-type: none"> یافته‌های بررسی حادثه ممکن است منجر به تغییر در محتوای آموزشی و افزایش دفعات آموزش تجدید شود. پرسنل شرکت باید در مورد درس‌های آموخته شده از تحقیقات آموزش ببینند. 	II	
<ul style="list-style-type: none"> اطلاعات و مستندات مربوط به TNG باید در طول فرآیند ممیزی ارزیابی شوند. 	CA	

جدول ۸ _ روابط متقابل عنصر PSSR (۳-۵، ۱۷، ۲۱)

عنصر PSM	عنصر مرتبط با یکدیگر	جزئیات
PSSR	EP	اطلاعات PSSR و راهکارهای پیشنهادی باید برای همه پرسنل شرکت در معرض آسیب قابل دسترسی باشد.
	PSI	بررسی و تایید ساخت و ساز و تجهیزات مطابق با مشخصات طراحی قبل از راه اندازی یک تغییر یا فرآیند جدید
	PHA	<ul style="list-style-type: none"> بررسی و تایید کنید که PHA برای فرآیند جدید انجام شده است. بررسی و تایید کنید که توصیه PHA انجام شده قبل از شروع یک تغییر یا فرآیند جدید تکمیل شده است.
	OP	بررسی و تایید رویه‌های ایمنی، عملیاتی و اضطراری قبل از شروع یک تغییر یا فرآیند جدید، وجود دارد و کافی است.



بررسی و تأیید کنید که آموزش پرسنل آسیب دیده قبل از شروع تغییر یا فرآیند جدید تکمیل شده است.	TNG	
بررسی و تأیید اینکه رویه‌های تعمیر و نگهداری قبل از شروع یک تغییر یا فرآیند جدید وجود دارند و کافی هستند.	MI	
بررسی و تأیید کنید که فرآیند اصلاح شده با الزامات موجود در MOC مطابقت دارد.	MOC	
اطلاعات و مستندات PSSR باید در طول فرآیند ممیزی ارزیابی شود.	CA	

MI به طور جهانی به عنوان یکی از تأثیرگذارترین عناصر برنامه PSM یک مرکز شناخته شده است. برخی ممکن است آن را در جهان جداگانه خود بدانند، با این حال، در واقعیت اهمیت و روابط متقابل آن با سایر عناصر PSM بدون تردید است [۱۱]. جدول ۹ رابطه متقابل بین عنصر MI و سایر عناصر PSM را نشان می‌دهد. هدف عنصر MI اطمینان از یکپارچگی و عملکرد ایمن از طریق برنامه بازرسی و نگهداری و QA است. تجهیزات در تماس با HHC اولین خط دفاعی را در جلوگیری از انتشار فاجعه‌بار کنترل نشده HHC تشکیل می‌دهند. خط دوم دفاع معمولاً ترکیبی از سیستم مهار و ایمنی است. برنامه MI باید اطمینان حاصل کند که اجزاء در خطوط دفاعی اولیه و ثانویه به درستی طراحی، نصب و کار می‌کنند. بنابراین، توسعه برنامه MI باید با اطلاعات دقیق و به روز از عناصر PSI، PHA، OP، TNG، PSSR، II و ERP پشتیبانی شود [۴، ۵، ۱۰، ۱۷، ۲۲]. اطلاعات MI باید به همه کارفرمایان آسیب دیده منتقل شود، بنابراین باید در برنامه‌های دیگر از جمله عناصر EP و CON استفاده شود. مدیریت کمبود تجهیزات ممکن است به تغییراتی در تجهیزات فرآیند و همچنین برنامه ITPM نیاز داشته باشد. بنابراین، ممکن است نیاز به انجام MOC و PSSR قبل از تغییرات داشته باشد.

جدول ۹ _ روابط متقابل عنصر MI (۴، ۵، ۱۰، ۱۷، ۲۲)

عنصر PSM	عنصر مرتبط با یکدیگر	جزئیات
MI	EP	<ul style="list-style-type: none"> روش‌های MI، ITPM و اطلاعات کمبود تجهیزات باید برای همه پرسنل شرکت در معرض آسیب در دسترس باشد.
	PSI	<ul style="list-style-type: none"> رویه‌ها و برنامه ITPM به شدت به داده‌های PSI به ویژه RAGAGEP متکی است. PSI برای توسعه مازول آموزشی برای پرسنل تعمیر و نگهداری ارجاع شده است.
	PHA	<ul style="list-style-type: none"> علاوه بر تجهیزاتی که توسط در آیین نامه حاکم در برنامه MI مورد نیاز است، انتخاب تجهیزاتی که باید در برنامه MI گنجانده شود نیز باید بر PHA شناسایی شده تکیه کند، که این خرابی می‌تواند منجر به حوادث ایمنی فرآیند شود.



• قرار دادن فرآیند در حالت عملیاتی مناسب برای پشتیبانی از فعالیت تعمیر و نگهداری مستلزم استفاده از OP صحیح است.	OP	
• تمام پرسنل تعمیر و نگهداری درگیر در فعالیت‌های تعمیر و نگهداری منطقه تحت پوشش باید در بررسی کلی فرآیند، رویه‌های تعمیر و نگهداری، رویه‌های ITPM، رویه‌های عملیاتی، خطرات ایمنی و سلامت، عملیات اضطراری و شیوه‌های کار ایمن مربوط به وظایف شغلی خود آموزش ببینند.	TNG	
• تأیید تجهیزات تحت برنامه MI باید طبق برنامه، استانداردها و غیره قبل از راه اندازی نصب شود.	PSSR	
• مدیریت کمبود تجهیزات ممکن است نیاز به استفاده از MOC داشته باشد.	MOC	
• دستورالعمل MI، ITPM و اطلاعات کمبود تجهیزات باید برای همه کارگران بیمه‌نگاری آسیب دیده قابل دسترسی باشد.	CON	
• یافته‌های بررسی حادثه ممکن است منجر به تغییراتی در برنامه MI شود.	II	
• تجهیزات مورد اتکا در طرح واکنش اضطراری باید به عنوان بخشی از برنامه MI نگهداری شوند.	ERP	
• اطلاعات و داده‌های MI باید در طول فرآیند ممیزی ارزیابی شود.	CA	

جدول ۱۰ _ روابط متقابل عنصر MOC (۲۳، ۱۷، ۵-۳)

عنصر PSM	عنصر مرتبط با یکدیگر	جزئیات
MOC	EP	• تغییر فرآیند تأیید شده باید قبل از راه اندازی به همه پرسنل در معرض آسیب اطلاع داده شود.
	PSI	• به روز بودن PSI برای پشتیبانی از تولید MOC به منظور رسیدگی به سلامت فنی تغییرات پیشنهادی و ارزیابی تأثیر بالقوه ایمنی و سلامت مورد نیاز است. • اگر تغییر فرآیند منجر به تغییر PSI شود، PSI باید بر اساس آن به روز شود.
	PHA	• اگرچه اجباری نیست، PHA ممکن است برای ارزیابی تأثیر تغییر پیشنهادی بر ایمنی فرآیند انجام شود.
	OP	• اگر تغییر فرآیند منجر به تغییر OP شود، OP باید بر اساس آن به روز شود.
	TNG	• پرسنل شرکت باید در مورد تغییر فرآیند آموزش ببینند اگر وظایف شغلی قبل از شروع فرآیند تحت تأثیر تغییر قرار گیرد.
	MI	• پرسنل تعمیر و نگهداری باید در مورد تغییر فرآیند آموزش ببینند اگر وظایف شغلی قبل از شروع فرآیند تحت تأثیر تغییر قرار گیرد.
	PSSR	• توصیه PSSR باید قبل از شروع به کار در تغییر حل شود.



• کارگران پیمانکار باید قبل از شروع به کار در مورد تغییرات مطلع و آموزش ببینند و در صورت لزوم تغییر را انجام دهند.	CON	
• اطلاعات و اسناد MOC باید در طول فرآیند ممیزی ارزیابی شود.	CA	

رابطه متقابل عنصر MOC با سایر عناصر PSM در جدول ۱۰ ارائه شده است. در PSM، هر زمان که فرآیند شیمیایی تغییرات، تجهیزات، فناوری یا امکانات در نظر گرفته شده است، MOC به رویه‌هایی نیاز دارد که بررسی قبلی تأثیرات و تأیید آن تغییر را تضمین کند. بنابراین، نتایج به‌روز PSI و PHA برای پرداختن به سلامت فنی تغییرات پیشنهادی و ارزیابی تأثیر بالقوه ایمنی و سلامتی حیاتی هستند. هنگامی که تغییر پیشنهادی تأیید شد، عناصر PSI، PHA، OP، TNG و MI باید در نظر گرفته شوند و هر زمان که تغییری در فرآیند تحت پوشش PSM ایجاد می‌شود [۵-۳، ۲۳] رسیدگی شود. از سوی دیگر، عنصر PSSR در MOC پس از یک فرآیند مهم است قبل از اطمینان از آمادگی اصلاح شده یا خاموش شده است. تغییرات تأیید شده باید به همه کارفرمایان آسیب دیده اطلاع داده شود، بنابراین آنها باید در برنامه های دیگر از جمله عناصر EP و CON استفاده شوند. زمانی که MOC به صورت مجزا اجرا شود، منافع آن به طور کامل محقق نخواهد شد.

در نهایت، برنامه های PSI، PHA، OP، TNG، PSSR، MI و MOC از طریق عنصر CA (جدول ۱۰-۴) ارزیابی می شوند تا ببینند آیا سیستم مدیریت موجود به اندازه کافی تمام الزامات عناصر PSM فوق را برآورده می کند [۴، ۱۷].

نتیجه

تجزیه و تحلیل رابطه متقابل بین عناصر PSM نشان داد که عناصر PSI، PHA، OP، TNG، PSSR، MI و MOC به طور قابل توجهی با سایر عناصر PSM ارتباط متقابل دارند. ماتریس PSM توسعه یافته رابطه متقابل بین عناصر PSM را به صورت ساختاریافته نشان داده و جریان داده های ایمنی فرآیند را فراهم می کند. از آنجایی که برنامه PSM بدون ارتباط و هماهنگی خوب بین عناصر ضعیف است، استفاده از سیستم یکپارچه سازی برای پیاده سازی PSM به یک رویکرد ممکن در بهبود اثربخشی اجرای برنامه PSM از این منظر تبدیل می شود. در این مرحله، اطلاعات ارتباط متقابل بین عناصر برای هدایت پیوندهای داده PSM مفید خواهد بود که به اشتراک گذاری داده ها در توسعه سیستم یکپارچه سازی را تسهیل می کند که منجر به روز رسانی و سازگاری داده های PSM می شود. این برای جلوگیری از پیامدهای ایمنی و کمک به سازمان ها در انطباق با مقررات OSHA PSM ضروری است.

1. J. Atherton and F. Gil, Incidents that Define Process Safety, Wiley, New Jersey, 2008.
- 1.1. Benyamin hajiani and colleagues, 8th comprehensive crisis management and HSE conference, Iran, dayyer, 2023
2. L.A. Long, History of Process Safety at OSHA, Process Saf Prog 28 (2009), 128–130.
3. CCPS, Guidelines for Risk Based Process Safety, Wiley, New Jersey, 2007.
4. U.S. Occupational Safety and Health Administration (OSHA). OSHA Law & Regulations, 2011, Available at <http://www.osha.gov/law-regs.html>, Accessed on December 20, 2014.
5. Department of Energy, Process Safety Management for Highly Hazardous Chemicals, US DOE, Washington, 1996.
6. A.C. Brackey, Process safety management: 21 Years plus or minus what I wish I'd known then and what we can't afford to forget now! Process Saf Prog 32 (2013), 260–263.
7. M.I. Rashid, N. Ramzan, T. Iqbal, S. Yasin, and S. Yousaf, Implementation issues of PSM in a fertilizer plant: An operations engineer's point of view, Process Saf Prog 32 (2013), 59–65.
8. K. Hanchey and J.R. Thompson, The challenge to implement and maintain an effective PSM program, Process Saf Prog 30 (2011), 319–322.
9. CCPS, Guideline for Process Safety Documentation, AIChE, New York, 1995.
10. B.K. Vaughen, J.F. Nagel, and M.J. Allen, Integrate plant reliability efforts with mechanical integrity, Process Saf Prog 30 (2011), 323–327.
11. C. Reese and B. Taylor, Surviving and thriving in the era of enhanced OSHA PSM audits, Hydrocarbon Process 91 (2012), 47–48.
12. J.A. Klein and B.K. Vaughen, A revised program for operational discipline, Process Saf Prog 27 (2008), 58–65.
13. L.A. Long, M.L. Marshall, and J. Lay, Update on OSHA's PSM national emphasis programs, Process Saf Prog 30 (2011), 303–306.
14. H. Luo, The effectiveness of U.S. OSHA process safety management inspection - A preliminary quantitative evaluation, J Loss Prev Process Ind 23 (2010), 455–461.
15. B.A. Scholdt, Concept matrix approach to teaching management information systems, J Learn Higher Educ 1 (2005), 11–16.
16. R. Kloppe and S. Lubbe, The matrix method of literature review, Alternation 14 (2007), 262–276.
17. CCPS, Guidelines for Auditing Process Safety Management Systems, 2nd Edition, Wiley, New York, 2011.
18. M. Alloco, Safety Analyses of Complex Systems: Considerations of Software, Firmware, Hardware, Human, and the Environment, Wiley, Hoboken, NJ, 2010.
19. J.F. Louvar, Improving the effectiveness of process safety management in small companies, Process Saf Prog 27 (2008), 280–283.
20. D.J. Leggett, Process safety in the future - A view from the chemistry, Process Saf Prog 23 (2004), 163–169.
21. CCPS, Guidelines for Performing Effective Pre-Startup Safety Review, Wiley, New Jersey, 2007.
22. CCPS, Guidelines for Mechanical Integrity Systems, Wiley, New Jersey, 2006.
23. CCPS, Guidelines for Management of Change for Process Safety, Wiley, New Jersey, 2008